

УДК 621.327

Сапрыка А.В.*

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НИЗКОГО КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

В статье приведены экспериментальные исследования в осветительных сетях и анализ влияния низкого качества электроэнергии на технические показатели работы современных осветительных систем. Даны рекомендации.

Осветительные системы предназначены для освещения и могут разрабатываться специально для оригинальных проектов по освещению магистралей, улиц, набережных и значимых городских объектов (в г. Харькове это реконструкция ул. Пушкинской). Комбинации оборудования позволяют получить разнообразные световые эффекты и реализовать выбранную световую концепцию на освещаемых объектах. Они играют значительную роль в восприятии эстетического облика города. В настоящее время имеются значительные резервы для повышения энергоэффективности при сохранении необходимых качественных и количественных показателей осветительных систем.

Повышение эффективности работы осветительных систем является одним из главных направлений развития освещения города. В литературе проблемы качества электроэнергии поднимаются давно, но ввиду отсутствия достаточно совершенных измерительных приборов отечественные исследования носили преимущественно теоретический характер. Распространение микропроцессорной техники позволило создать устройства, способные измерять все показатели качества с приемлемой точностью, что выводит исследования в области качества электроэнергии на новый уровень. В современных условиях проблема качества электроэнергии, надежности электроснабжения и энергоэффективности приобретают особую актуальность, так как они являются одними из важнейших условий экономичной и длительной эксплуатации осветительных систем. В настоящее время наибольший объем генерации световой энергии приходится на разрядные лампы, при этом доля светильников с энергоэкономичными лампами возрастает. Снижение качества электроэнергии приводит к дополнительным потерям, ухудшению технических показателей работы осветительных систем.

Исследования специалистов и ученых [1-5] показывают актуальность и необходимость решения проблемы влияния низкого качества электроэнергии на работу осветительных систем, так как качество электрической энергии на месте производства не гарантирует ее качества на месте потребления до и после включения электроприемника (в данном случае осветительной системы). Снижение качества электроэнергии приводит к дополнительным потерям, дополнительному нагреву оборудования, ухудшению работы осветительных установок, сокращению срока службы изоляции и ламп. В странах Евросоюза величина эмиссии высших гармоник регулируется международным стандартом EN 61000-3-2, устанавливающим для различной аппаратуры, в частности, светотехнической, предельные уровни высших гармоник. Аналогичный стандарт, гармонизированный с европейским (ДСТУ ІЕС 61000-3-2), планируется ввести в Украине [3].

Сегодня современные высокоинтенсивные источники света имеют срок эксплуатации до 30 тыс. часов [6]. Исходя из специфики режима электропитания ламп и задач увеличения срока службы, надежности, экономичности и удобства в использовании, источники питания разрядных ламп должны обеспечивать выполнение определенного набора технических требований. Проблема качества электроэнергии важна с точки зрения его влияния как на качество освещения, так и на яркость дорожного покрытия. Международными и отечественными нормативными материалами регламентируются определенные уровни освещенности и яркости для различных категорий

* Харьковская национальная академия городского хозяйства, канд. техн. наук, доц.

дорог, проездов, пешеходных зон и т. д. (ДБН В. 2.5-28-2006). Эти показатели в первую очередь обусловлены требованиями создания безопасных условий для населения и движения транспортных средств.

Целью настоящей публикации является анализ влияния низкого качества электроэнергии на технические показатели осветительных систем.

Экспериментальные измерения качества электрической энергии производились в крупных городах Восточной и Центральной Украины по стандартной методике, определённой ГОСТ 13109-97. Для измерений использовались микропроцессорные анализаторы токов и напряжений в электрических сетях АНТЭС АК 3Ф, разработанные в нашей академии, обладающие высокой точностью и контролирующие более 60 электрических параметров, а также РЕСУРС-UF2M.

Для каждого значения ПКЭ, усреднённого на указанном интервале, определено соответствие величины нормально и предельно допустимым значениям (уставкам) согласно [7]. Все нарушения уставок по каждому измерению зафиксированы в соответствующих журналах событий, включая фиксацию пикового значения ПКЭ. Для определения статистических значений ПКЭ на всей совокупности измерений выполнено определение экстремальных значений ПКЭ. Сначала были определены экстремальные за весь цикл измерений (как правило, 1 сутки) значения ПКЭ для каждого объекта измерений, а затем были определены экстремальные значения ПКЭ среди всех объектов.

Таким образом, результаты анализа показателей качества электроэнергии показывают:

- нарушения по установившемуся отклонению напряжения зафиксированы на 70 % объектов измерений, причём на 34 % объектов зафиксированы нарушения предельно допустимых значений. Пиковые значения параметра 13 % и -47 % от номинала при уставках ± 5 % (нормально допустимое значение – НДЗ) и ± 10 % (предельно допустимое значение – ПДЗ). Средние за 30 мин значения параметра достигали 13 % и -42 % от номинального значения;
- нарушения по несинусоидальности напряжения зафиксированы на 63 % объектов измерений, причём на 34 % объектов зафиксированы нарушения предельно допустимых значений. Пиковые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения достигали 24,5 % при уставках 8 % (НДЗ) и 12 % (ПДЗ), средние за 30 мин значения достигали 11,7 %. Зафиксированы нарушения по всем высшим гармоническим составляющим до 40 включительно, наиболее значительны нарушения по следующим гармоникам (в порядке убывания): 15, 6, 21, 27, 33, 3, 18, 12, 39, 16.
- нарушений по частоте не зафиксировано.

В связи с тем, что отклонение напряжения в основном значительно превышает рекомендуемые публикацией МЭК 662 значения ± 5 %, а в осветительных системах используются в основном схемы с индуктивным балластом, которые могут обеспечивать удовлетворительные параметры ламп высокого давления только при питании от сети с отклонением напряжения в пределах 5 %, однако для получения максимального срока службы и светоотдачи напряжение питания сети и паспортное напряжение балласта должны быть в пределах ± 3 %. Колебания напряжения ± 5 % допустимы в течение короткого промежутка времени.

Эти факторы приводят к резкому сокращению срока службы разрядных ламп, типа ДНаТ или МГЛ. При стабилизированной сети питания срок эксплуатации у ламп ДНаТ-400 составляет около 20 тыс. часов, а при колебаниях ± 5 % - 14 тыс. часов [8]. При этом лампы типа ДНаТ при одинаковых световых потоках обеспечивают большую яркость на асфальтовых и бетонных покрытиях на 22-24 % как показано в [6], чем лампы типа МГЛ. Это связано, во-первых, с большей световой отдачей ламп типа ДНаТ, во-вторых, они излучают больше в длинноволновой части видимого спектра, чем в коротковолновой, при этом асфальто-бетонные покрытия отражают сильнее в красно-желтой части спектра, чем в зелено-голубой.

Так как в реальных условиях часто может иметь место пониженное качество электроэнергии, возникает необходимость исследования процессов на электродах и в оболочке и определение допустимых границ изменения нагрузочных параметров для сохранения (или даже повышения) долговечности и безотказности источников света.

До настоящего времени основой анализа и количественной оценки эрозионных процессов являются методы и модели, основанные на результатах экспериментальных исследований. Сложилась определенная группа общепризнанных требований к электродным материалам. Материал электрода должен иметь:

- а) низкую упругость пара;
- б) низкую работу выхода;
- в) оптимальную рабочую температуру.

Напыление на оболочку продуктов эрозии приводит к снижению излучательных параметров и механической прочности, что, в конечном счете, ограничивает долговечность ламп, приводя к параметрическим и полным отказам.

Так как в настоящей работе ставилась задача исследования режимов серийных ламп при низком качестве электроэнергии, то можно считать, что термический режим электродов при номинальной мощности соответствует режиму распределенного пятна. Только при таком режиме для обеспечения номинальной долговечности скорость эрозии электродов не превышает допустимую. Поэтому целесообразно при анализе реального режима скорости эрозии оценивать по отношению к номинальному режиму. При этом данные по скорости эрозии могут быть приняты из работы [9]. Такой подход позволяет определить влияние реального режима на долговечность по отношению к номинальному. Это избавляет от необходимости иметь точные данные по эрозионным характеристикам электродов. При достаточно хорошо отработанной конструкции лампы в номинальном режиме температура катода должна быть минимальной, но достаточной для обеспечения режима распределенного пятна. При работе на переменном токе промышленной частоты каждый полупериод происходит перезажигание лампы и возможны пики перезажигания, связанные с явлениями на катодах, что также приводит к дополнительному распылению электродов. В результате происходит выход лампы из строя из-за дезактивации электродов, повышенного напряжения зажигания или из-за недостатка газа для существования разряда.

Срок службы лампы существенно зависит от формы тока. При повышении амплитуды тока по отношению к его действующему значению ток термоэмиссии катодов не обеспечивает в полной мере пиковый ток лампы, растет ионная составляющая тока, приводящая к дополнительному распылению катода. В катодный полупериод электрод, окруженный амальгамой, не работает, а дуга фиксируется и блуждает по поверхности амальгамы. Несимметричность работы электродов и время периода выпрямления растет с увеличением числа включений лампы. Если срок службы лампы при синусоидальном токе (коэффициент амплитуды равен 1,41) принять за 100 %, то при коэффициенте амплитуды 2, продолжительность горения падает на 30-40 % [8]. Поэтому в требованиях на источники питания ламп указано, что коэффициент амплитуды не должен превосходить значения, равного 1,7, составляющего 95 % срока службы лампы при синусоидальной форме тока. Длительная работа в аномальном режиме может привести к перегрузкам элементов силовой части источника питания и выходу их из строя. Поэтому система управления источника питания осветительной системы должна отслеживать эти режимы и отключать питание лампы при длительном их проявлении.

Анализ работы оболочки ламп высокой интенсивности в различных режимах проводился в работах [10, 11]. В лампах высокой интенсивности при увеличении вкладываемой в разряд энергии наблюдается интенсивное испарение материала оболочки. По одной из теорий именно повышение давления в лампе за счет испарения оболочки приводит к ее разрушению. Из этих соображений можно принять критерием длительности работы оболочки лампы отсутствие интенсивного испарения материала оболочки.

В работе [12] анализ характеристик нагрузки с разными типами балластов показал, что значения светового потока в течение срока эксплуатации для системы “Лампа-ПРА” отличаются от соответствующих данных, которые обычно приводятся в каталогах для номинальной лампы. Степень отличия определяется отклонением мощности лампы от номинальной, которое в свою очередь определяется характеристикой кривой балласта и характером изменения напряжения на лампе в течение срока эксплуатации. Срок эксплуатации ламп в светильниках меньше в 1,5-2 раза, чем при испытаниях на стенде, при этом также нужно учитывать, что неудачная конструкция светильника может также значительно сократить срок эксплуатации [4]. Увеличение U_c до 240 В ведет к увеличению мощности ДНаТ на 28 % и необоснованному использованию электроэнергии в 1,28 раза больше, чем надо. А снижение напряжения на 10 % уменьшает световой поток до 22 %, при этом увеличивается скорость эрозии электродов, так как снижается их рабочая температура.

Выводы

Таким образом, для устранения влияния низкого качества электроэнергии на эффективность осветительных систем необходимо применять стабилизаторы-регуляторы напряжения с целью улучшения технических показателей и экономии электроэнергии в городских электрических сетях. Повышение точности воспроизведения необходимых параметров освещения позволит снизить затраты на создание заданных условий работы зрительного анализатора и повысить срок службы источников света и других элементов осветительных систем примерно в 1,5-2 раза.

Полученные количественные характеристики влияния на сеть питания свидетельствуют о наличии ряда конкретных недостатков ламп высокой интенсивности, определение методов устранения которых может быть предметом дальнейших исследований.

Перечень ссылок

1. Качество электрической энергии в системах электроснабжения / Баталов А.Г., Гриб О.Г., Сендерович Г.А. и др. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – 271 с.
2. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
3. Анализ энергоэффективности энергосберегающих компактных люминесцентных ламп / Жаркин А.Ф., Козлов А.В., Палачев С.А., Дробот Ю.Г. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжн. научн.-техн. журнал. – Харків.:ХНАМГ, 2007. – Вып.1(9). – С. 4-9.
4. Режимы работы осветительных установок и качество электроэнергии / Овчинников С.С., Гриб О.Г., Сапрыка А.В., Тарянный М.М. // Труды 4 Международной науч.-практ. конф. «Город и экологическая реконструкция жилищно-коммунального комплекса XXI века». – М., 2006. – С. 49-51.
5. Анализ качества электрической энергии в сетях общего пользования 0,4 кВ / Гриб О.Г., Сапрыка А.В., Бородин Д.В., Жданов Р.В. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжн. научн.-техн. журнал. – Харків.:ХНАМГ, 2007. – Вып.1(9). – С. 53-60.
6. Справочная книга по светотехнике / Под редакцией Ю.Б. Айзенберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972с: ил.
7. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – К.: Изд-во стандартов, 1999. – 31 с.
8. Кожушко Г.М. Измерение электрических параметров газоразрядных ламп, работающих с электронными ВГПРА / Г.М. Кожушко, В.М. Иванов, Ю.Ф. Лебедин // Тезисы 2 Международной светотехнической конференции. – Суздаль, 1995. – С. 85.
9. Овчинников С.С. Расчет удельной эрозии электродов нестационарных источников излучения / С.С. Овчинников, В.Н. Полищук, А.В. Сапрыка // Коммунальное хозяйство городов: Респ. межвед. науч.- техн. сб. – К.: Техніка, 2003. – Вып. 47. – С. 254-258.
10. Кобзарь А.И. Фотоиндуцированные явления в задачах диагностики состояния оболочек и совершенствования эксплуатационных характеристик импульсных ламп / А.И. Кобзарь, А.Т. Овчаров // Обзоры по электронной технике, сер. 11. – М.: ЦНИИ «Электроника», 1989. – Вып. 5 (1448). – 57 с.
11. Овчинников С.С. Голографический контроль механических напряжений оболочек высокоинтенсивных источников света наружного освещения / С.С. Овчинников, И.И. Рябец, А.В. Сапрыка // Коммунальное хозяйство городов: Респ. межвед. науч.- техн. сб. – К.: Техніка, 1994. – Вып. 3. – с. 72-75.
12. Вердеревская А.Н. Особенности эксплуатации комплекса Натриевая лампа высокого давления – пускорегулирующий аппарат / А.Н. Вердеревская, Е.Б. Волкова, А.М. Троицкий // Светотехника. – 1989. – №11. – С.8-11.

Рецензент: О.Г. Гриб,
д-р техн. наук, проф., ХНАГХ

Статья поступила 14.02.2008